

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problems Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Off nl gungsschrift  
10 DE 198 11 176 A 1

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
F 02 N 11/08

21 Aktenzeichen: 198 11 176.2  
22 Anmeldetag: 14. 3. 98  
43 Offenlegungstag: 15. 4. 99

DE 198 11 176 A 1

66 Innere Priorität:  
197 45 115. 2 11. 10. 97

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

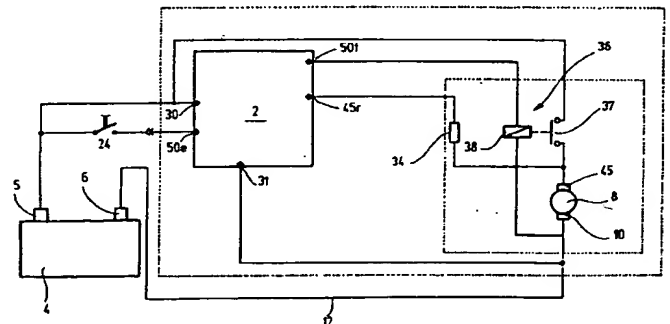
74 Vertreter:  
Nau, Walter, Pat.-Anw., 51465 Bergisch Gladbach;  
Gleiss & Große, Patentanwaltskanzlei, 70469  
Stuttgart

72 Erfinder:  
Kramer, Claus, Dr., 74354 Besigheim, DE; Seils,  
Wolfgang, 71640 Ludwigsburg, DE; Stoecklein,  
Henning, 71735 Eberdingen, DE; Freitag, Jan, 33604  
Bielefeld, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Anordnung und Verfahren zur Steuerung einer elektrischen Maschine

57 Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Steuerung einer elektrischen Maschine, insbesondere zur Steuerung eines elektrischen Starters zum Andrehen einer Brennkraftmaschine, mit einem Schaltmittel zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen einer Spannungsquelle und dem elektrischen Starter, wobei der elektrische Starter bei einer Betätigung des Schaltmittels über eine einspurbare Übersetzung mit einem Kurbeltrieb der Brennkraftmaschine koppelbar ist. Es ist vorgesehen, daß in der Verbindung zwischen der Spannungsquelle (4) und dem elektrischen Starter ein elektronisches Steuergerät angeordnet ist, über das eine Spannung und/oder ein Strom und/oder eine Einschaltzeit für den elektrischen Starter steuerbar ist.



DE 198 11 176 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung und ein Verfahren zur Steuerung einer elektrischen Maschine entsprechend den im Oberbegriff der Patentansprüche 1 und 24 genannten Merkmalen.

## Stand der Technik

Es ist bekannt, daß Brennkraftmaschinen in Kraftfahrzeugen mittels einer Startvorrichtung gestartet werden müssen, da sie nicht von alleine anlaufen. Zu diesem Zweck sind üblicherweise elektrisch betriebene Startermotoren vorgesehen, die über ein als sogenanntes Einrückrelais ausgebildetes Starterrelais mit einer Spannungsquelle verbunden werden. Gleichzeitig wird zur Herstellung einer Wirkverbindung ein Ritzel des Startermotors mit einem, üblicherweise auf einem Schwungrad der Brennkraftmaschine angebrachten, Zahnkranz in Eingriff gebracht. Unmittelbar nach Erreichen des Selbstlaufes der Brennkraftmaschine muß der Startermotor ausgespart werden, um einem erhöhten Verschleiß und starker Geräuschentwicklung vorzubeugen.

Die Herstellung der Wirkverbindung, das heißt das Einspielen des Starterritzels mit nahezu der Nenn Drehzahl und unter Beaufschlagung des Startermotors mit seiner Nennspannung hat einen relativ starken Drehmomentstoß sowie auf Dauer einen hohen Verschleiß des Zahnkranzes und des Startermotors zur Folge. Insbesondere bei Startern für Nutzkraftfahrzeuge ist erhöhten Anforderungen aufgrund beispielsweise überdurchschnittlich häufiger Startvorgänge im überwiegenden Kurzstreckenverkehr mit bekannten Startern nur schwer zu genügen.

Bei Startanlagen von Kraftomnibussen mit heckseitig angeordneter Brennkraftmaschine, bei denen der Startvorgang vom Fahrer akustisch nicht eindeutig wahrgenommen und verfolgt werden kann, sind zusätzliche Vorkehrungen unumgänglich, die für einen wirksamen Schutz für Starter und Zahnkranz sorgen können. Zu diesem Zweck werden üblicherweise sogenannte elektronische Startsperrrelais eingesetzt, durch welche die Startanlage in mehrfacher Hinsicht vor Beschädigungen geschützt werden kann. Nach erfolgtem Start der Brennkraftmaschine wird für ein verzögerungsfreies Abschalten des Starters gesorgt. Weiterhin verhindert das elektronische Startsperrrelais ein Starten bei bereits laufender oder noch auslaufender Brennkraftmaschine. Im Falle einer noch auslaufenden Brennkraftmaschine oder eines Fehlstartes wird üblicherweise zudem eine Zeitschaltung ausgelöst, die einen zu frühzeitig unternommenen weiteren Startversuch verhindert.

Zwar können derartige Startsperrrelais Beschädigungen durch Fehlbedienungen des Fahrers verhindern, nicht jedoch einen erhöhten Verschleiß durch häufige Betätigung und/oder durch langjährigen Betrieb. Um jedoch insgesamt eine höhere Lebensdauer zu erreichen beziehungsweise um den Anforderungen einer überdurchschnittlich häufigen Betätigung zu genügen, ist bei den bekannten Startvorrichtungen eine Überdimensionierung der elektrischen Starter und/oder der Wirkverbindung mit der Brennkraftmaschine unumgänglich, was sowohl die Herstellungskosten wie auch das Fahrzeuggewicht erhöht.

## Vorteile der Erfindung

Die Vorrichtung und das Verfahren mit den im Patentanspruch 1 und im Patentanspruch 24 genannten Merkmalen bietet den Vorteil, die Belastung eines Startermotors einer Brennkraftmaschine durch ein sanftes Vorspielen mit niedriger Drehzahl und reduziertem Motormoment und demzu-

folge den Verschleiß des Startermotors und der mit dessen Ritzel kämmenden Zahnräder im Antriebsstrang der Brennkraftmaschine stark reduzieren zu können. Durch eine geeignete Ansteuerung eines, in einer elektrischen Verbindung zwischen einer Spannungsquelle und elektrischem Starter befindlichen, Steuergerätes kann eine zweistufige Steuerung des elektrischen Starters und damit des Startvorgangs der Brennkraftmaschine in vorteilhafter Weise realisiert werden. Zu diesem Zweck ist vorzugsweise ein elektronisches Steuergerät zwischen der Spannungsquelle und dem elektrischen Starter angeordnet, das eine Steuerung einer Spannung und/oder eines Stromes für den elektrischen Starter erlaubt. Durch die elektronische zweistufige Steuerung des Startvorgangs läßt sich der Startereinrückvorgang so steuern, daß der Verschleiß beim Vorspielen und beim nachfolgenden Einspielen des Starterritzels deutlich reduziert wird.

In einer ersten Stufe wird der Startermotor mit geringem Drehmoment betrieben und das Ritzel mit geringer Geschwindigkeit an einen, vorzugsweise an einem Schwungrad der Brennkraftmaschine vorgesehenem, Zahnkranz herangeführt. Die geringe Drehzahl des Startermotors erleichtert das Finden einer Zahnücke, und der langsame Ritzelvorschub verringert den Verschleiß beim Auftreffen des Ritzels auf den Zahnkranz. In der zweiten Stufe wird das Einrückrelais dann mit Nennspannung beaufschlagt, so daß das Ritzel vollständig in den Zahnkranz einrücken kann. Erst dann kann auch die Hauptbrücke schließen und der Starter dreht mit vollem Drehmoment. Ein "Ratschen" des Starters kann damit wirksam verhindert werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist das elektronische Steuergerät, ein sogenanntes integriertes elektronisches Relais, eine zentrale Steuereinheit (CPU) auf, die es erlaubt, mit wenigen Anpassungen in seiner Programmierung eine große Vielzahl von verschiedenen Startern jeweils optimal anzu steuern zu können. Vorzugsweise weist das elektronische Steuergerät weiterhin wenigstens zwei elektronische Leistungsschalter auf, beispielsweise in Form von Leistungstransistoren oder Leistungs-MOS-FETs, die mit sehr geringen Ansteuerspannungen und -strömen der CPU hohe Leistungen sicher schalten können. Durch eine Reihenschaltung von wenigstens zwei elektronischen Leistungsschaltern kann zudem eine Redundanz erzielt werden, die bei auftretenden Fehlfunktionen Beschädigungen des elektrischen Starters sowie die Gefahr eines ungewollten Starts sicher verhindern kann.

Vorteilhaft ist weiterhin, wenn die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter jeweils eine Ladungspumpe zu ihrer Ansteuerung aufweisen sowie jeweils über eine Schutzelektronik verfügen, die eine Absicherung gegen Übertemperaturen und/oder Verpolungen gewährleistet. Weiterhin kann jeder der elektronischen Leistungsschalter einen Diagnoseausgang aufweisen, mit dessen Hilfe eine lückenlose Überwachung des aktuellen Schaltzustandes und damit der korrekten Ablaufsteuerung des zweistufigen Startvorgangs mittels der CPU ermöglicht wird. In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform ist das integrierte elektronische Relais (IER) mit zusätzlichen Kontrollfunktionen und -eingängen versehen, die beispielsweise eine Überwachung der Versorgungsspannung, der auftretenden Temperaturen im Startermotor und/oder etwaigen Überlastungszuständen der elektronischen Leistungsschalter erlauben.

Ein Schaltmittel zur Betätigung des elektrischen Starters kann beispielsweise ein manuell vom Fahrer betätigbarer Anlaßschalter oder auch ein elektronisch betätigbarer Anlaßschalter sein, der in vorteilhafter Weise auch von einer Motorelektronik ansteuerbar ist.

Dadurch kann beim Erreichen des Selbstlaufes der Brennkraftmaschine der Startvorgang automatisch beendet wer-

den, womit eine geringstmögliche Einschaltdauer und damit Belastung des Startermotors erzielbar ist.

Besonders vorteilhaft ist weiterhin, daß bei der beschriebenen zweistufigen Startersteuerung der Startablauf durch rein elektronische Ansteuerungen vorgenommen wird. Der verwendete elektrische Starter kann somit weitgehend konventionell aufgebaut sein und benötigt keinerlei weitere elektronische und/oder mechanische Zusatzbauteile. Vorteilhaft ist weiterhin, wenn das Starterrelais in einer der Vorspurphase folgenden Haltephase getaktet angesteuert wird, da hierdurch seine thermische Belastung reduziert werden kann. Die elektronischen Leistungsschalter können als sogenannte Leistungs-MOS-FETs mit Ansteuerungen, Schutzelektronik und Diagnosefunktion ausgeführt sein, wodurch sehr leistungsfähige und kompakte Bauteile entstehen. Mit entsprechend höherem Schaltungsaufwand sind jedoch ebenso diskrete Aufbauten mit MOS-FETs oder anderen Transistoren möglich.

Vorteilhaft an der erfindungsgemäßen Verschaltung ist die erhaltene Redundanz, welche bei einem Durchlegieren eines der Leistungsschalter einen ungewollten Start und damit eine sicherheitskritische Situation vermeidet. Vorteilhaft können zusätzliche Funktionen wie Überwachungen der Starttemperatur über einen Temperatursensor, eine Startzeitbegrenzung sowie ein Endstufentest und/oder eine Blindschaltungserkennung realisiert werden. Bei einer Blindschaltung bleibt das Starterritzel, beispielsweise aufgrund von Verschmutzungen, in einer ersten Stufe stehen und wird nicht voll eingespart. Der Startversuch muß hierbei abgebrochen werden, da die thermische Belastung der Einrückrelaiswicklungen zu groß werden könnte.

Der erste elektronische Leistungsschalter besitzt in einer vorteilhaften Weiterbildung einen sogenannten Sensausgang, welcher ein stromproportionales Ausgangssignal ausgibt. Beim Schließen der Hauptbrücke des Starterrelais muß der Strom durch den Vorwiderstand zurückgehen, was über diesen Sensausgang gut erkannt werden kann. Ist diese Stromabnahme nach Ablauf einer Überwachungszeit (beispielsweise 200 msec) nicht nachgewiesen beziehungsweise von der CPU erfaßt, so wird eine Blindschaltung erkannt, und der Start wird abgebrochen. Ist die obere Endstufe durchgelegt, so wird eine Spannung an dieser Klemme gemessen, auch wenn die Endstufe ausgeschaltet sein sollte. Der Starter würde in diesem Fall drehen, aber nicht vorspuren. Anstatt einer integrierten CPU wäre ebenso eine diskrete Ablaufsteuerung möglich, was jedoch inklusive der vorteilhaften Zusatzfunktionen einen größeren Bauaufwand bedeuten würde.

Vorteilhaft an der erfindungsgemäßen zweistufigen Startersteuerung ist weiterhin eine deutliche Geräuschreduktion durch das sanfte Vorspuren. Zudem wird eine Lebensdauererhöhung des Zahnkranzes ermöglicht. Der Starter kann leichter gebaut werden, da die thermische Belastung insgesamt geringer ist. Die Lebensdauer erhöht sich dennoch, da ein sicherer Überhitzungsschutz durch eine Temperaturüberwachung und eine Startzeitbegrenzung vorgesehen sind.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

### Zeichnungen

Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Prinzipschaltbild einer zweistufigen Startersteuerung;

Fig. 2 in drei qualitative Diagramme die Zusammenhänge von Startzeit und Spannungen beziehungsweise Strömen; Fig. 3 ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung eines Startvorganges und

Fig. 4 eine beispielhafte Ausführungsform der internen Verschaltung der zweistufigen Startersteuerung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt ein Prinzipschaltbild einer Anordnung zur zweistufigen Steuerung eines elektrischen Starters einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeuges. Die Anordnung umfaßt eine elektrische Energiequelle, eine Starterbatterie 4 mit einem Pluspol 5 und einem Minuspol 6 sowie einen elektrischen Startermotor 8 und den notwendigen elektrischen Verbindungen sowie weiteren zur Realisierung einer Zweistufigkeit des Startvorganges, nachfolgend näher erläuterten, notwendigen Bauteilen. Der Startermotor 8 ist aus Vereinfachungsgründen und zur besseren Übersichtlichkeit zusammen mit den notwendigen Bauteilen zum Einspuren in eine Verzahnung im Antriebsstrang des Kraftfahrzeuges lediglich als ein Symbol dargestellt, da gegenüber bekannten Systemen keinerlei Veränderungen vorgesehen sind. Vielmehr soll die erfindungsgemäße Anordnung zur Ansteuerung von bekannten Startermotoren geeignet sein, an denen selbst keinerlei Modifikationen erforderlich sind. Erkennbar ist in Fig. 1 weiterhin ein zentrales Steuergerät, im folgenden als IER (integriertes, elektronisches Relais) 2 bezeichnet.

Das IER 2 weist mehrere Eingänge, davon Anschlüsse für die Spannungsversorgung aus der Starterbatterie 4, und mehrere gesteuerte Ausgänge auf. So ist zur Spannungsversorgung mit der Nennspannung (üblicherweise 12 oder 24 Volt) aus der Starterbatterie 4 eine Klemme 30, von der aus eine Leitung zum Pluspol 5 der Starterbatterie 4 führt, sowie eine Klemme 31 vorgesehen, von der eine Leitung zu einem Masseanschluß 12 beziehungsweise zum Minuspol 6 der Starterbatterie 4 führt. Als weiterer Eingang ist eine Klemme 50e vorgesehen, die über einen Anlaßschalter 24 mit der Spannungsquelle 4 verbindbar ist. Möglich ist statt dessen auch eine Relaissteuerung, bei der ein weiter entfernt positionierter Schalter eine Relaispule beaufschlagen kann, die für ein Schalten des Anlaßschalters 24 sorgen kann. Realisierungen mit elektronischer Startauslösung sind ebenso möglich, beispielsweise über ein Signal von einer Motorelektronik.

Das IER 2 weist weiterhin als einen Steuerausgang eine Klemme 45r auf, von dem aus eine Leitung mit einem zwischengeschaltetem Vorwiderstand 34 zu einem Hauptanschluß des Startermotors 8 führt. Der Hauptanschluß wird im folgenden als Klemme 45 bezeichnet. Ein zweiter Steuerausgang einer Klemme 50f stellt über eine Anschlußleitung eine Verbindung zu einem Starterrelais 36 dar. Dieses Starterrelais 36 besitzt eine Relaispule 38 und einen von der Relaispule 38 ansteuerbaren Schalter, im folgenden als Hauptbrücke 37 bezeichnet. Die Klemme 50f des IER 2 ist mit einem Anschluß der Relaispule 38 verbunden, der andere Anschluß liegt über eine Leitung an Masse 12 des Kraftfahrzeuges, die mit dem Minuspol der Starterbatterie 4 verbunden ist.

Anhand des in Fig. 1 dargestellten schematischen Schaltbildes soll im folgenden ein zweistufiger Startvorgang skizziert werden. Dabei soll bereits ein Zustand mit eingeschalteter Zündung hergestellt sein, da die Verbindungen von der Klemme 30 des IER 2 zum Pluspol 5 der Starterbatterie 4 sowie von der Klemme 31 zur Masse 12 und damit zum Minuspol 6 der Starterbatterie 4 bereits bestehen. Mittels Betätigung des Anlaßschalters 24 durch den Fahrer erhält die

Klemme 50e die volle Nennspannung der Starterbatterie 4. Diese Spannung  $U_{50e}$  kann in IER 2 verarbeitet werden, wobei mit kurzer Verzögerung zunächst an Klemme 45r eine Ausgangsspannung  $U_{45r}$  angelegt wird, die betragsmäßig der Nennspannung der Starterbatterie 4 entspricht und den Startermotor 8 in einer ersten Stufe sanft anlaufen läßt.

An der Klemme 45 des Startermotors 8 kommt nicht die volle Nennspannung der Starterbatterie 4 an, da über den Vorwiderstand 34 in der Leitung von der Klemme 45r zur Klemme 45 ein Teil der Nennspannung aus dem Fahrzeugbordnetz abfällt. Der Startermotor 8 läuft somit zunächst langsam an. Nach Verstreichen einer Zeitspanne, zur Überwindung einer Trägheit des Startermotors 8 beim Andrehen, wird an die Klemme 50f des IER 2 eine Steuerspannung  $U_{50f}$  angelegt, welche die Relaispule 38 des Starterrelais 36 bestromt, das Starterritzels vorspurt und zum Schließen der Hauptbrücke 37 führt. Sobald die Hauptbrücke 37 des Relais 36 geschlossen ist, besteht eine direkte elektrische Verbindung vom Pluspol 5 der Starterbatterie 4 zur Klemme 45 des Startermotors 8. Der Masseanschluß 10 des Startermotors 8 hat immer eine Verbindung zur Masse 12, so daß bei geschlossener Hauptbrücke 37 der Startermotor 8 die volle Nennspannung aus dem Bordnetz erhält und entsprechend mit höherer Drehzahl in einer zweiten Stufe die Brennkraftmaschine durchdrehen kann, bis diese einen Zustand des Selbstlaufs erreicht.

Fig. 2 zeigt in drei übereinander angeordneten Diagrammen prinzipielle und qualitative Verläufe der Spannungen und Ströme an den Klemmen 50e, 50f und 45r des IER 2 über der Startzeit  $T_{\text{Start}}$  ( $t = 0 \dots t_5$ ). Auf den horizontalen Achsen aller drei Diagramme ist jeweils die Zeit aufgetragen. Auf der vertikalen Achse des oberen Diagrammes ist die Spannung  $U_{50e}$ , auf der vertikalen Achse des mittleren Diagrammes die Spannung  $U_{45r}$  aufgetragen. Auf der vertikalen Achse des unteren Diagrammes ist ein Strom  $i_{50f}$ , der durch die Wicklung des Starterrelais 38 fließt, aufgetragen. Die Klemme 30 ist hierbei elektrisch mit dem Pluspol 5 und die Klemme 31 mit der Masse 12 beziehungsweise mit dem Minuspol 6 der Starterbatterie 4 verbunden. Die Startzeit 0 bis  $t_5$  läßt sich in mehrere Phasen einteilen, die anhand der Diagramme in Fig. 2 im folgenden beschrieben werden.

Bei Betätigen des Anlaßschalters 24 durch den Fahrer wird die Klemme 50e mit einer Spannung  $U_{50e}$  beaufschlagt, wobei die Spannung  $U_{50e}$  der Bordspannung aus der Starterbatterie 4 entspricht oder auch kleiner sein kann. Wie im oberen Diagramm der Fig. 2 erkennbar, wird die Spannung  $U_{50e}$  vom Zeitpunkt 0 an über den gesamten Zeitraum des Startvorgangs, das heißt bis zum Zeitpunkt  $t_5$ , in konstanter Höhe aufrechterhalten. Durch eine Zeitsteuerung wird die Spannung  $U_{45r}$  an der Klemme 45r um einen bestimmten voreinstellbaren Initialisierungszeitraum  $T_{\text{Init}}$  verzögert geschaltet. Die Spannung  $U_{45r}$  wird normalerweise ihrem Betrag nach der Spannung  $U_{30}$  entsprechen. Die Steuerung der Ausgänge an der Klemme 45r und an der Klemme 50f erfolgt somit nacheinander, wobei der Zeitraum  $T_{\text{Init}}$  in erster Linie zur Vermeidung von unkontrollierten Spannungsspitzen durch den Einschaltvorgang dient.

Während des Intervalls vom Zeitpunkt  $t_0$  bis zum Zeitpunkt  $t_1$  wird das Bordnetz weitgehend nur durch den Widerstand 34 belastet. Der Vorwiderstand 34 bestimmt damit den Batteriestrom. Über die an Klemme 45 anliegende und über den Vorwiderstand 34 gegenüber der an Klemme 45r anliegenden Spannung  $U_{45r}$  reduzierte Spannung wird im Startermotor 8 ein Drehmoment erzeugt und der Anker beginnt sich zu drehen. Die durch die Zwischenschaltung des Vorwiderstandes 34 resultierende geringe Ankerdrehzahl erleichtert das spätere vollständige Einspuren. Wegen eines Ankerträgheitsmomentes erfolgt das eigentliche Vorspuren

jedoch erst etwas verzögert, nämlich zu einem Zeitpunkt  $t_1$ . Zum Losbrechen eines Relaisankers im Startermotor 8 wird die Batteriespannung mittels eines elektronischen Schalters im IER 2 auf die Klemme 50f durchgeschaltet. Der hierbei fließende Strom ist abhängig vom Starterrelais 36 und von der Spannung der Starterbatterie 4. Die Zeitdauer zwischen  $t_0$  und  $t_1$ , das heißt der Zeitraum zwischen dem Einleiten der Drehbewegung des Ankers des Startermotors 8 und dem Vorspuren, hängt ab von der Größe des Vorwiderstandes 34, dessen Wert wiederum von der für einen bestimmten Startermotor 8 zweckmäßigen Drehzahl abhängt.

Ab einem Zeitpunkt  $t_2$  wird der (Vorspur-)Strom an der Klemme 50f durch eine Taktung auf einen mittleren Wert  $I_{\text{VSP}}$  reduziert, erkennbar im unteren Diagramm der Fig. 2. Der überlagerte Wechselstromanteil ist zweckmäßigerweise so zu wählen, daß die resultierende Magnetkraft keine unerwünschte Auswirkung auf den Bewegungsablauf des Ankers ausübt. Dies gilt als erfüllt, wenn die Periodendauer der Stromtaktung höchstens ein Fünftel der mechanischen Anker-Zeitkonstante ( $> 10$  ms) beträgt. Die Stromamplitude  $I_{\text{VSP}}$  und die Zeitdauer von  $t_2$  bis  $t_3$  sind abhängig von der gewählten Dimension des Startermotors 8. Dabei wird angenommen, daß das Anlasserritzel zum Zeitpunkt  $t_3$  in jedem Fall am Zahnkranz anliegt und die Einrückfeder (falls vorhanden) schon leicht vorgespannt ist.

Nach Ablauf dieser Vorspurphase ( $t_2$  bis  $t_3$ ) erfolgt die Einspursteuerung ( $t_3$  bis  $t_4$ ), eingestellt durch die Zeit, bis zu der die Klemme 50f mit der Nennspannung aus der Klemme 30  $U_{50f}$  beaufschlagt wird. Die anliegende Spannung  $U_{50f}$  an der Klemme 50f sorgt für ein Schalten des Relais 36 und damit ein Anliegen der vollen Batteriespannung an Klemme 45 des Startermotors 8. Die zum Ende der Vorspurphase typischerweise vorgespannte Einrückfeder im Starter wird voll gespannt, und es kommt zum Schließen der Hauptbrücke 37. Bei geschlossener Hauptbrücke 37 im Relais 36 muß der Strom  $I_{45r}$  absinken. Ist dies während der Zeitdauer der Einspurphase ( $t_3$  bis  $t_4$ ) nicht der Fall, so liegt eine Blindschaltung vor und der Start wird durch eine im IER 2 entsprechend vorgesehene Logik abgebrochen.

Nach dem Schließen der Hauptbrücke 37, das heißt ab dem Zeitpunkt  $t_4$  wird das Relais 36 weiter mit einem Haltestrom  $I_{50f\text{Nenn}}$  versorgt. Der Startermotor 8 dreht jetzt mit vollem Drehmoment. Die Klemme 50e bleibt auf Klemme 50f durchgeschaltet. Allerdings erfolgt die Einstellung des Haltestroms auf den mittleren Wert  $I_{50f\text{Nenn}}$  durch Takten, um die thermische Belastung der Wicklung im Startermotor zu verringern. Dies ist erkennbar durch das gezackte Signal  $I_{50f\text{Nenn}}$  in der Fig. 2 unten.

Die einzelnen Zeitintervalle ( $t_n \dots t_{n+1}$ ; mit  $n = 0 \dots 4$ ) können unabhängig voneinander eingestellt werden und können beliebige positive Werte annehmen. Während des Zeitraumes von  $t_0$  bis  $t_1$  wird das Bordnetz weitgehend nur durch den Vorwiderstand 34 für die Ritzelverdrehung des Startermotors 8 belastet. Der Wert des Vorwiderstandes 34 bestimmt damit den Batteriestrom. Zusammen mit einer Messung der unbelasteten Batteriespannung vor dem Start, das heißt während dem Initialisierungszeitraum  $T_{\text{Init}}$ , ist eine Bestimmung des Bordnetzwidestandes möglich. Eine Messung der Batteriespannung an der Klemme 30 im weiteren Verlauf des Startes (ab  $t_4$ ) ergibt dann einen Wert für den Starterhauptstrom. Dieser kann als Maß für die interne Temperaturbelastung des Startermotors 8 verwendet werden. Über ein Erwärmungsmodell, das heißt den Zusammenhang zwischen dem Stromfluß und der Dauer dieses Stromflusses im Startermotor 8, kann dann eine Temperaturüberwachung des Starters realisiert werden.

Fig. 3 verdeutlicht in einem Blockschaltbild die Funktionsabläufe während eines Startvorgangs in integriertem

elektronischen Relais IER 2. Gleiche Teile wie in den vorangegangenen Figuren sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und nicht nochmals erläutert. Beginnend mit einer Beaufschlagung der Klemme 50e mit der Spannung  $U_{50e}$  wird eine Zeitsteuerung 52 gestartet, die nach der Initialisierungszeit  $T_{init}$  ab dem Zeitpunkt  $t_0$  für den zweistufigen Startvorgang sorgt. Die Einspursteuerung 64 sorgt für die entsprechenden Abläufe. Im folgenden wird für den allgemeiner verwendeten Begriff eines elektronischen Leistungsschalters der gebräuchlichere Begriff einer Endstufe verwendet. Unter Endstufe wird somit allgemein jede Form eines elektronischen Leistungsschalters verstanden.

Von der Einspursteuerung 64 geht ein Pfeil zu einer ersten Endstufe 56, die ab dem Zeitpunkt  $t_1$  durchgeschaltet wird und für eine Beaufschlagung der Klemme 45r mit der Spannung  $U_{45r}$  sorgt. Es wird somit die an der Klemme 30 anliegende Batteriespannung  $U_{Bat}$  aus der Starterbatterie 4 auf die Klemme 45r durchgeschaltet. Die Einspursteuerung 64 sorgt im weiteren für die Taktung der Stromamplitude  $I_{VSP}$  während des Zeitraumes von  $t_2$  bis  $t_3$  durch entsprechende Ansteuerung einer zweiten Endstufe 58.

Zum Zeitpunkt  $t_3$  sorgt die Einspursteuerung dann für die Durchschaltung der zweiten Endstufe 58, wodurch die Batteriespannung  $U_{Bat} = U_{50f}$  an die Klemme 50f gelegt wird. Die anliegende Spannung  $U_{50f}$  sorgt für das Vorspuren des Ritzels und für das Schalten des Relais 36 und damit ein Anliegen der vollen Batteriespannung  $U_{Bat}$  an der Klemme 45 des Startermotors 8. Dieser wird hierdurch voll eingespur und mit Nenndrehzahl betrieben. Bei geschlossener Hauptbrücke 37 im Relais 36 muß der Strom  $I_{45r}$  absinken, was durch eine Blindschaltungserkennung 62 gemessen wird. Die erste Endstufe 56 besitzt hierzu einen sogenannten Sense-Ausgang 57, der ein stromproportionales Ausgangssignal  $I_{sense}$  liefert. Ist diese Stromabnahme nach Ablauf einer bestimmten Überwachungszeit, beispielsweise nach 200 Millisekunden, nicht von der Blindschaltungserkennung nachgewiesen, so wird eine sogenannte Blindschaltung erkannt und ein Abbruchsignal 70 an einen Signalgeber 54 ausgegeben.

Eine Blindschaltung liegt vor, wenn das Starterritzel, beispielsweise aufgrund von Verschmutzungen, in der ersten Stufe stehenbleibt und der Hauptstrom nicht geschaltet wird. Ein solcher Fall muß vom Fahrer beziehungsweise vom IER 2 erkannt und der Startversuch abgebrochen werden, da andernfalls die thermische Belastung der Einrückrelaiswicklungen zu groß werden könnte. Der Signalgeber 54 sorgt für einen Startabbruch und öffnet die erste Endstufe 56 und die zweite Endstufe 58.

In einer vereinfachten Ausführung ohne Sense-Ausgang 57 wird die erste Endstufe 56 nach Ablauf der Überwachungszeit (beispielsweise 200 ms) generell abgeschaltet. Innerhalb dieser Zeit muß die Hauptbrücke 37 eingeschaltet sein. In diesem Fall fungiert Klemme 45r über den Widerstand 34 als Eingang zur Versorgung der zweiten Endstufe 58. Diese zweite Endstufe 58 steuert dann den Ausgang 50f in der bereits beschriebenen Weise. Im Falle einer Blindschaltung ist die Hauptbrücke 37 nicht geschlossen und die Versorgung der zweiten Endstufe 58 damit nicht gegeben. Der Ausgang 50f bleibt dann spannungslos und der Startversuch wird selbständig unterbrochen.

Ist die erste Endstufe 56 durchgelegt (kurzgeschlossen), so wird auch im nicht durchgeschalteten Zustand eine Spannung  $U_{45r}$  an der Klemme 45r gemessen. Der Startermotor 8 würde in diesem Fall drehen, jedoch nicht vorspuren, was somit kein sicherheitsrelevanter Fehler wäre. Ist die zweite Endstufe 58 durchgelegt, so ist beim Einschalten der ersten Endstufe 56 auch bei nicht durchgeschalteter zweiten Endstufe 58 eine Spannung  $U_{50f}$  an der Klemme 50f meßbar.

Die erste Endstufe 56 wird in diesem Fall sofort ausgeschaltet, bevor der Starter vorspuren kann. In beiden Fällen wird nicht gestartet und dem Fahrer zu erkennen gegeben, daß ein Fehler vorliegt. Durch die Reihenschaltung der beiden Endstufen 56 und 58 ist eine Redundanz gewährleistet, welche beim Durchlegieren einer der beiden als Leistungsschalter fungierenden Endstufen 56, 58 einen ungewollten Start und damit eine sicherheitskritische Situation vermeidet.

Weiterhin ist von jeder der Endstufen 56, 58 eine Leitung zu einem Überlastschutz 66 vorgesehen, der bei Überlastung der Endstufe 56 und/oder der Endstufe 58 ein Abbruchsignal 70 an den Signalgeber 54 liefert, so daß dieser wiederum für einen Startabbruch sorgen kann. Darüber hinaus ist ein Endstufentest 60 vorgesehen, der ebenfalls ein Abbruchsignal 70 an den Signalgeber 54 liefern kann.

Die Schaltung wird vervollständigt durch einen Temperatursensor 68, der einen Ausgang 69 mit einer Verbindung zum Signalgeber 54 aufweist und diesem ebenfalls ein Abbruchsignal 70 liefern kann. Durch Messung der unbelasteten Batteriespannung  $U_{Bat}$  vor dem Start kann eine Bestimmung des Bordnetzwidestandes vorgenommen werden. Eine Messung der Batteriespannung  $U_{Bat}$  an Klemme 30 im weiteren Verlauf des Startvorganges liefert dann einen Wert für den Starterhauptsrom. Dies kann als Maß für die interne Temperaturbelastung des Starters verwendet werden. Über ein Erwärmungsmodell der Startermechanik kann dann eine Temperaturüberwachung ohne Temperatursensor im oder am Starter realisiert werden. Der Signalgeber 54 weist schließlich noch eine Verbindung zur Zeitsteuerung 52 auf, die bei zu lang andauerndem Startvorgang ein Abbruchsignal 70 liefern kann.

Fig. 4 zeigt eine beispielhafte Ausführungsform des IER 2 mit zur erfindungsgemäßen Funktion notwendigen und zweckmäßigen Peripherieschaltungen. Gleiche Teile wie in den vorangegangenen Figuren sind mit gleichen Bezugszeichen versehen und nicht nochmals erläutert. Das IER 2 weist eine zentrale Recheneinheit auf, die im folgenden als CPU 72 bezeichnet wird. In dieser CPU 72 werden die Signale der gesamten Peripherie, wie bereits zur Fig. 3 beschrieben, erfaßt und die Endstufen 56, 58 entsprechend abhängig davon gesteuert. Zur besseren Verständlichkeit der Funktion sind alle Steuerleitungen als schwach ausgezogene Linien gezeichnet. Die mit hohen Strömen beaufschlagten Ein- und Ausgänge der Endstufen 56 und 58, das heißt deren elektrische Verbindungen zum Einrückrelais 36 beziehungsweise zum Startermotor 8, sind mit stark ausgezogenen Linien gezeichnet.

Das IER 2 kann als Leistungsschalter wirkende Endstufen 56 und 58 in Highside-Powerswitch-Technik enthalten. Diese Bauelemente enthalten einen Leistungs-MOS-FET mit Ansteuerung (Ladungspumpe), eine Schutzelektronik (Temperatur, Verpolung) und Diagnosefunktionen (Statusausgang und Stromsensor). Ebenso möglich ist ein diskreter Aufbau mit MOS-FETs oder anderen Transistoren mit entsprechend höherem Aufwand. Die Steuerung im IER 2 wird durch einen Mikrokontroller, mit internem ROM- und RAM-Speicher, Watchdog und AD-Wandler, vorgenommen. Eine diskrete Ablaufsteuerung wäre für den reinen Startvorgang ebenfalls möglich. Die Zusatzfunktionen zur Überwachung ließen sich aber nur mit großem Aufwand hierbei integrieren.

Im folgenden wird detailliert die beispielhafte Verschaltung der CPU 72 zur Erzielung einer einwandfreien und störungsempfindlichen Funktion im Kraftfahrzeug beschrieben. Dazu ist zunächst eine Pufferung der von der Starterbatterie 4 gelieferten Versorgungsspannung erforderlich, um bei Spannungsschwankungen keine Fehlfunktionen der CPU 72 auszulösen. Aus diesem Grund ist keine direkte

Verbindung von der Klemme 30 zur CPU 72 vorgesehen, sondern eine Schutzschaltung 84 zwischengeschaltet. Diese Schutzschaltung 84 weist somit eine Verbindung zur Klemme 30 des IER 2 und einen stabilisierten und gepufferten Ausgang 79 auf, der die CPU mit einer konstanten und von überlagerten Wechselstromanteilen befreiten Gleichspannung versorgt. Gleichzeitig kann die Schutzschaltung 84 für einen EMV-Schutz, das heißt für elektromagnetische Verträglichkeit beziehungsweise einen Schutz vor hochfrequenter Störstrahlung, sorgen.

Erkennbar ist weiterhin eine Verbindung der Schutzschaltung 84 zu einem Spannungsregler 76, der von der Schutzschaltung 84 mit einer stabilisierten 24-Volt-Spannung versorgt wird und die CPU 72 mit kleineren Spannungen (Spannungsversorgung 78) versorgen kann, wie sie beispielsweise zum permanenten "Refresh" von RAM-Speicherbausteinen notwendig sind.

Der das Signal vom Anlaßschalter 24 liefernde Steuereingang an Klemme 50e des IER 2 ist mit einem Eingang 74 verbunden, der in Abhängigkeit vom empfangenen Signal ein Power-On-Signal 75 an die CPU 72 liefert. In Fig. 4 ist weiterhin eine Diagnoseschaltung 88 vorgesehen, mit der die einwandfreie Funktion der CPU 72 laufend überwacht werden kann und/oder die es ermöglicht, bei Fehlfunktionen qualifizierte Fehlermeldungen zu liefern. Der bereits beschriebene Temperatursensor 68, der bei drohender Überhitzung des Startermotors 8 und/oder des Starterrelais 36 ein Abbruchsignal 70 zum Abbruch des Startvorganges liefert, weist eine direkte Verbindung zur CPU 72 auf.

Die Klemme 30 weist neben der Steuerleitung (dünn gezeichnet) zur Schutzschaltung 84 eine Verbindung (stark gezeichnet) zum Eingang der ersten Endstufe 56 auf, deren Ausgang in Verbindung mit der Klemme 45r sowie dem Eingang der zweiten Endstufe 58 steht. Deren Ausgang steht über eine zwischengeschaltete Verpolschutzdiode 90 mit der Klemme 50f in Verbindung (stark gezeichnet) und liefert die zur Ansteuerung der Relaispule 38 des Starterrelais 36 erforderliche Spannung  $U_{50f}$ . Die Verpolschutzdiode 90 ist in Durchlaßrichtung in die Verbindungsleitung zur Klemme 50f eingesetzt. Weiterhin ist eine (stark gezeichnete) Verbindung vom n-Ausgang der Verpolschutzdiode 90 zum n-Ausgang, das heißt zu einer in Sperrichtung auf Masse 12 beziehungsweise auf Klemme 31 geschaltete Freilaufdiode 92 erkennbar. Diese Freilaufdiode 92 kann für einen Kurzschluß von Wechselstromanteilen in der Versorgungsspannung des Kraftfahrzeuges und damit für einen Schutz der CPU 72 gegen Beschädigung durch Spannungsspitzen beim Ausschalten der Relaispule 38 sorgen. Vom Ausgang zur Klemme 50f ist eine (dünn gezeichnete) Steuerleitung zur CPU 72 vorgesehen, die somit den aktuellen Status jeder einzelnen Eingangs- und Ausgangsleitung des IER 2 überwachen kann.

Schließlich sind die Verbindungsleitungen der CPU 72 zur Ansteuerung und Überwachung der beiden Endstufen 56, 58 erkennbar. Neben den beiden Eingängen zur Ansteuerung der ersten und der zweiten Endstufe 56, 58 sind dies der Sense-Ausgang 57 von der ersten Endstufe 56 und ein Status-Ausgang 59 von der zweiten Endstufe 58, der bei Fehlfunktionen das Abbruchsignal 70 für einen Startabbruch liefern kann.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Steuerung einer elektrischen Maschine, insbesondere zur Steuerung eines elektrischen Starters zum Andrehen einer Brennkraftmaschine, mit einem Schaltmittel zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen einer Spannungsquelle und dem

elektrischen Starter, wobei der elektrische Starter bei einer Betätigung des Schaltmittels über eine einspurbare Übersetzung mit einem Kurbeltrieb der Brennkraftmaschine koppelbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Verbindung zwischen der Spannungsquelle (4) und dem elektrischen Starter ein elektronisches Steuergerät angeordnet ist, über das eine Spannung und/oder ein Strom und/oder eine Einschaltzeit für den elektrischen Starter steuerbar ist.

2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das elektronische Steuergerät ein integriertes elektronisches Relais (IER 2) ist.

3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß durch das IER (2) eine zweistufige Steuerung des elektrischen Starters (8) bewirkbar ist.

4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das IER (2) eine zentrale Steuereinheit (CPU 72) aufweist.

5. Anordnung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß das IER (2) wenigstens zwei elektronische Leistungsschalter (56, 58) aufweist, die in Abhängigkeit von zeitlichen Parametern nacheinander ansteuerbar sind.

6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) in Reihe geschaltet sind.

7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) jeweils einen Leistungstransistor aufweisen.

8. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) jeweils einen Leistungs-MOS-FET aufweisen.

9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) jeweils eine Ladungspumpe zur Ansteuerung aufweisen.

10. Anordnung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) jeweils eine Schutzelektronik zur Absicherung gegen Übertemperatur und/oder Verpolung aufweisen.

11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß die wenigstens zwei elektronischen Leistungsschalter (56, 58) jeweils einen Diagnoseausgang aufweisen.

12. Anordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der erste elektronische Leistungsschalter (56) einen Sense-Ausgang (57) aufweist, der ein – zum durch den elektronischen Leistungsschalter (56) fließenden Strom – proportionales Ausgangssignal liefern kann.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß das IER (2) wenigstens zwei Anschlüsse (30, 31) für eine Spannungsversorgung durch die Starterbatterie (4), wenigstens einen Steuereingang (50e) sowie wenigstens zwei Steuerausgänge (45r, 50f) aufweist.

14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß ein erster elektronischer Leistungsschalter (56) mit dem ersten Steuerausgang (45r) gekoppelt ist und ein zweiter elektronischer Leistungsschalter (58) mit dem zweiten Steuerausgang (50f) gekoppelt ist.

15. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Durchschaltung des ersten elektronischen Leistungsschalters (56) der erste Steuerausgang



(45r) mit einer Spannung ( $U_{45r}$ ) beaufschlagbar ist.

16. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Durchschaltung des zweiten elektronischen Leistungsschalters (58) der zweite Steuerausgang (50f) mit einer Spannung ( $U_{50f}$ ) beaufschlagbar ist. 5

17. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der erste elektronische Leistungsschalter (56) über einen Vorwiderstand (34) mit einem Hauptanschluß (Klemme 45) des Startermotors (8) koppelbar ist und den Startermotor (8) mit einem geringeren Strom als seinem Nennstrom versorgen kann. 10

18. Anordnung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der zweite elektronische Leistungsschalter (58) eine Relaiswicklung (38) eines Starterrelais (36) mit der Spannung ( $U_{50f}$ ) beaufschlagen kann. 15

19. Anordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltmittel ein manuell betätigbarer Anlaßschalter (24) ist.

20. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß das Schaltmittel ein elektronisch betätigbarer Anlaßschalter (24) ist. 20

21. Anordnung nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß der Anlaßschalter (24) von einer Motorelektronik ansteuerbar ist. 25

22. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß ein Steuerstrom ( $I_{VSP}$ ) von der Zeitsteuerung (52) des elektrischen Starters beeinflussbar ist.

23. Anordnung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitsteuerung (52) in Abhängigkeit von der Betätigungszeit des elektrischen Starters einen Steuerstrom ( $I_{50fNenn}$ ) beeinflussen kann. 30

24. Verfahren zur Steuerung einer elektrischen Maschine, insbesondere zur Steuerung eines elektrischen Starters zum Andrehen einer Brennkraftmaschine, mit einem Schaltmittel zur Herstellung einer elektrischen Verbindung zwischen einer Spannungsquelle und dem elektrischen Starter, wobei der elektrische Starter bei einer Betätigung des Schaltmittels über eine einspurbare Übersetzung mit einem Kurbeltrieb der Brennkraftmaschine koppelbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß mittels eines in der Verbindung zwischen der Spannungsquelle (4) und dem elektrischen Starter angeordnet es elektronisches Steuergerät durch stufenweise Steuerung eines Stromes und/oder einer Spannung und/oder einer Einschaltzeit der elektrische Starter in zwei Stufen betätigt wird. 35 40 45

25. Verfahren nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß in der ersten Stufe das Starterritzel eingespurt wird und in der zweiten Stufe der Startermotor voll durchgedreht wird. 50

26. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß das IER (2) bei Betätigung des Anlaßschalters (24) den elektrischen Starter zunächst mit einer Spannung beaufschlagt, die geringer ist als die Nennspannung des elektrischen Starters, bis das Ritzel des Starters eingespurt ist. 55

27. Verfahren nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, daß während des Einspurvorganges der elektrische Starter mit geringem Drehmoment betrieben wird und daß der elektrische Starter nach erfolgter Einspurung mit seinem Nenndrehmoment die Brennkraftmaschine durchdreht. 60

28. Verfahren nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitsteuerung (52) in Abhängigkeit von der Betätigungszeit des elektrischen Starters die Spannungen beeinflusst. 65

29. Verfahren nach Anspruch 28, dadurch gekennzeichnet,

zeichnet, daß in Abhängigkeit von einer am elektrischen Starter gemessenen Temperatur die maximal mögliche Startzeit reduziert wird.

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

THIS PAGE BLANK (USPTO)  
~~THIS PAGE BLANK (USPTO)~~  
BEST AVAILABLE COPY

Fig. 1

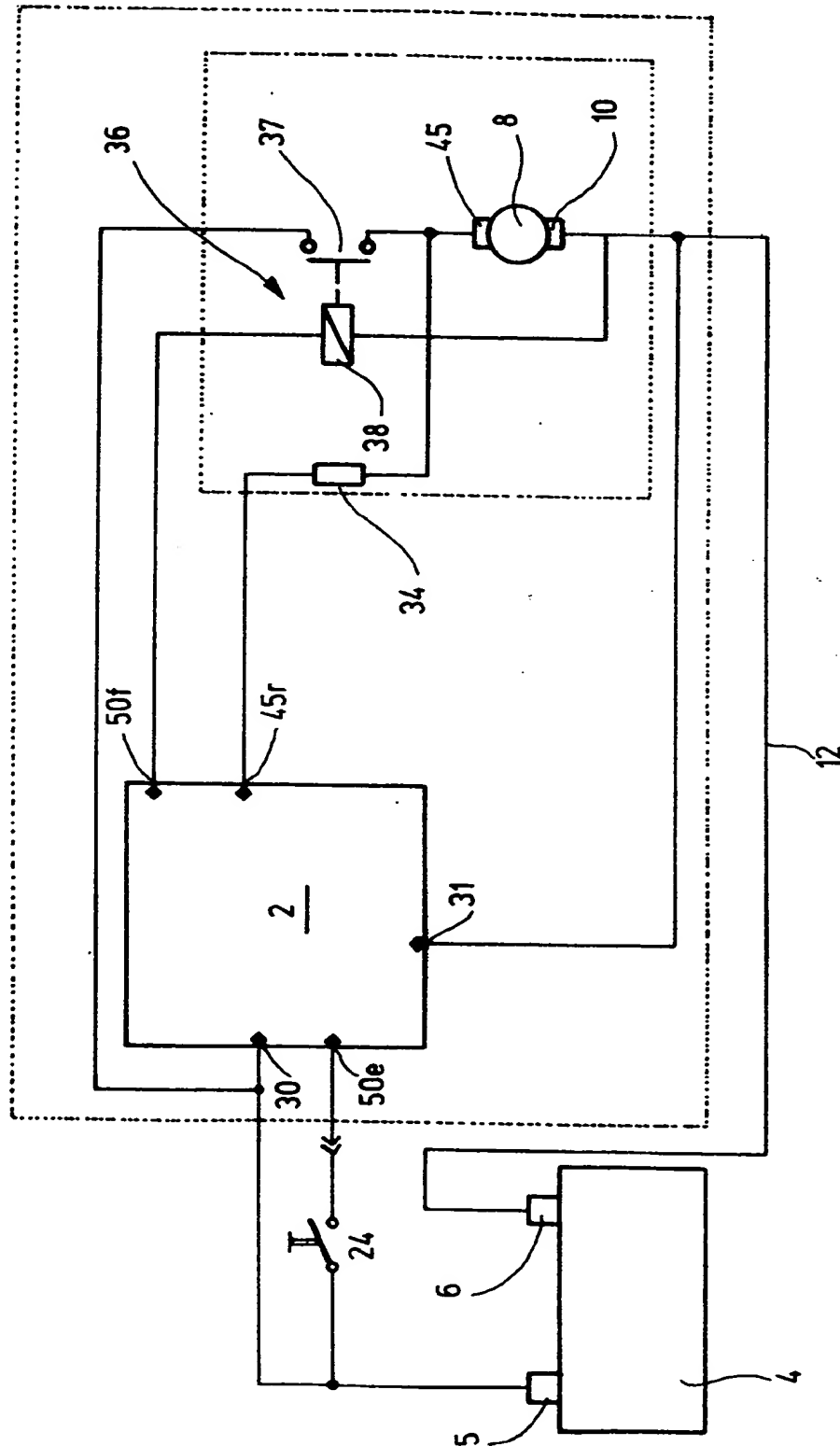
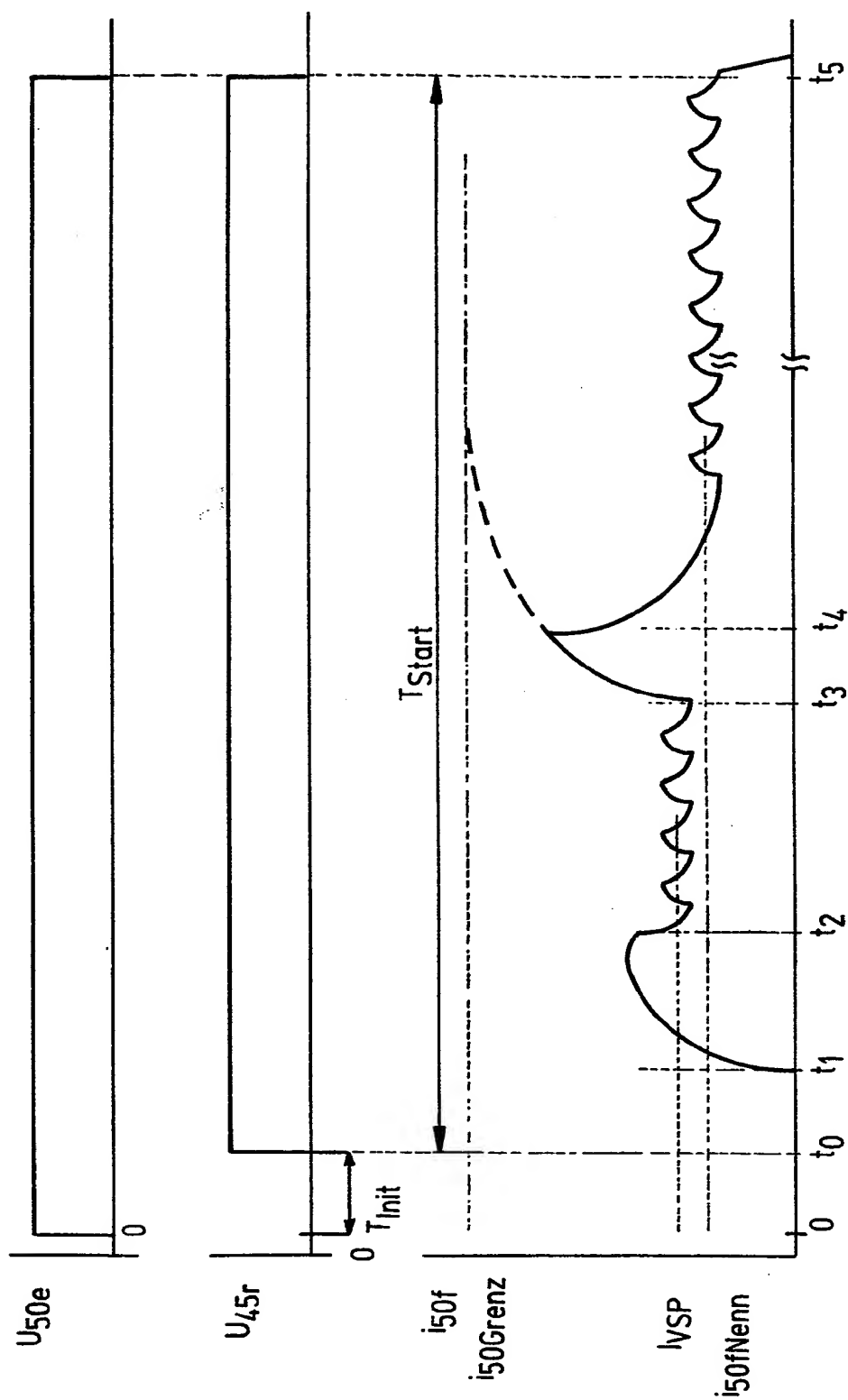


Fig. 2



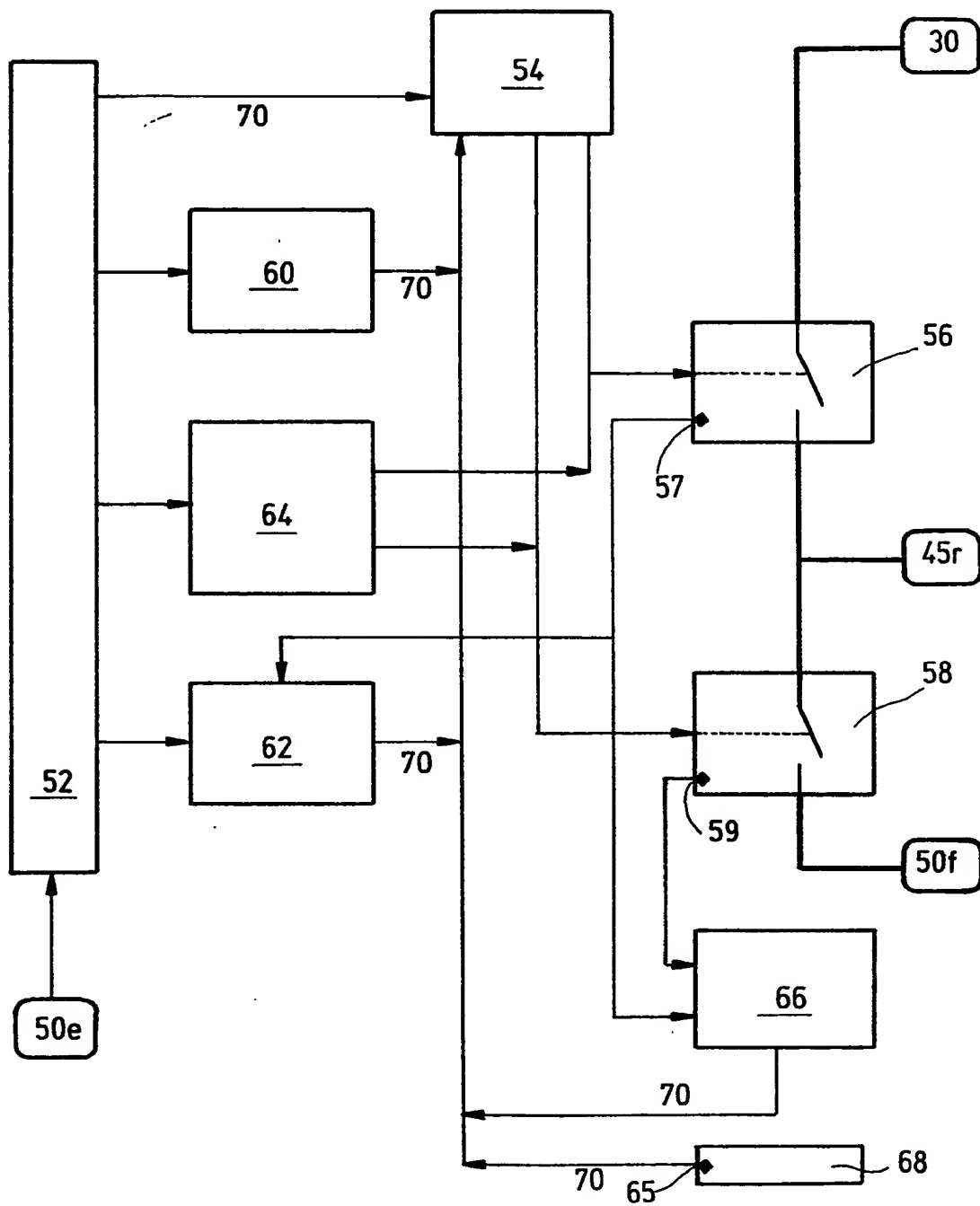


Fig. 3

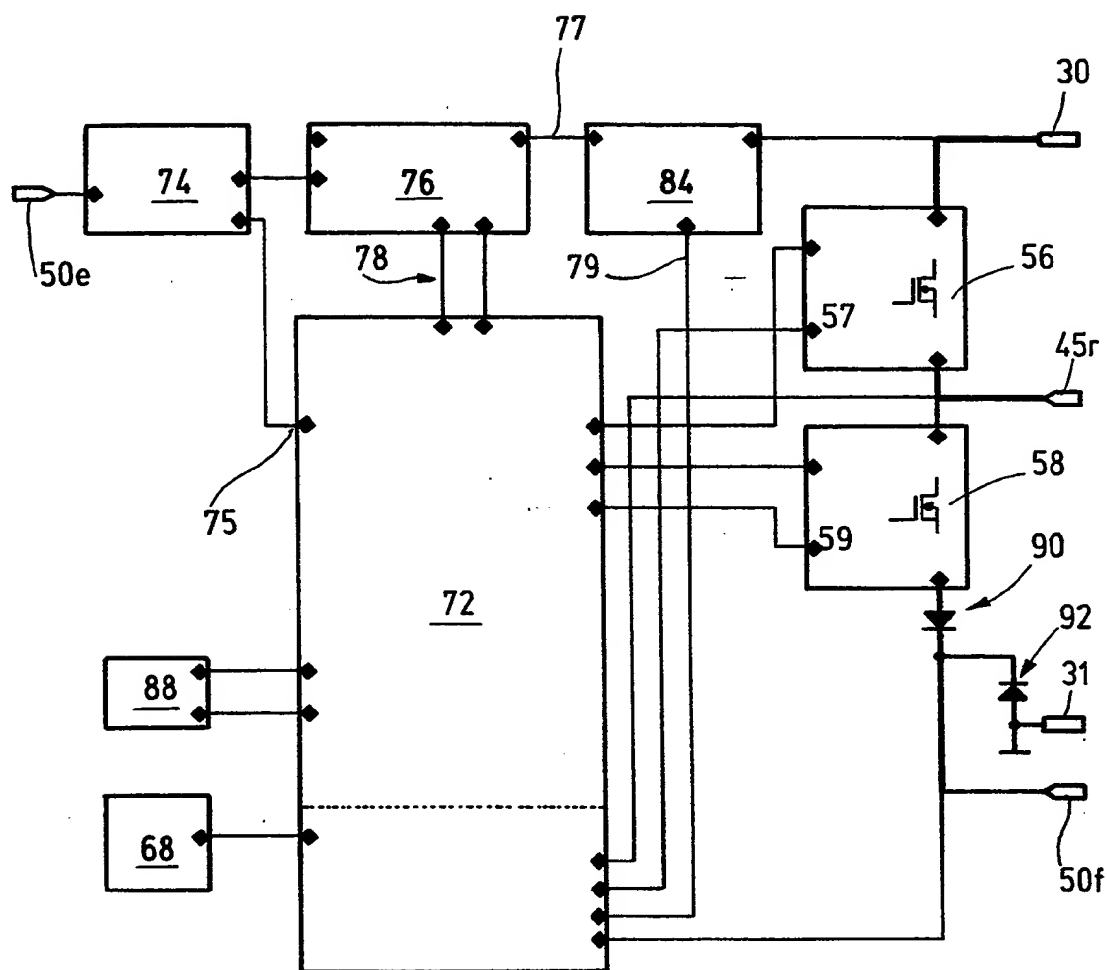


Fig. 4

100

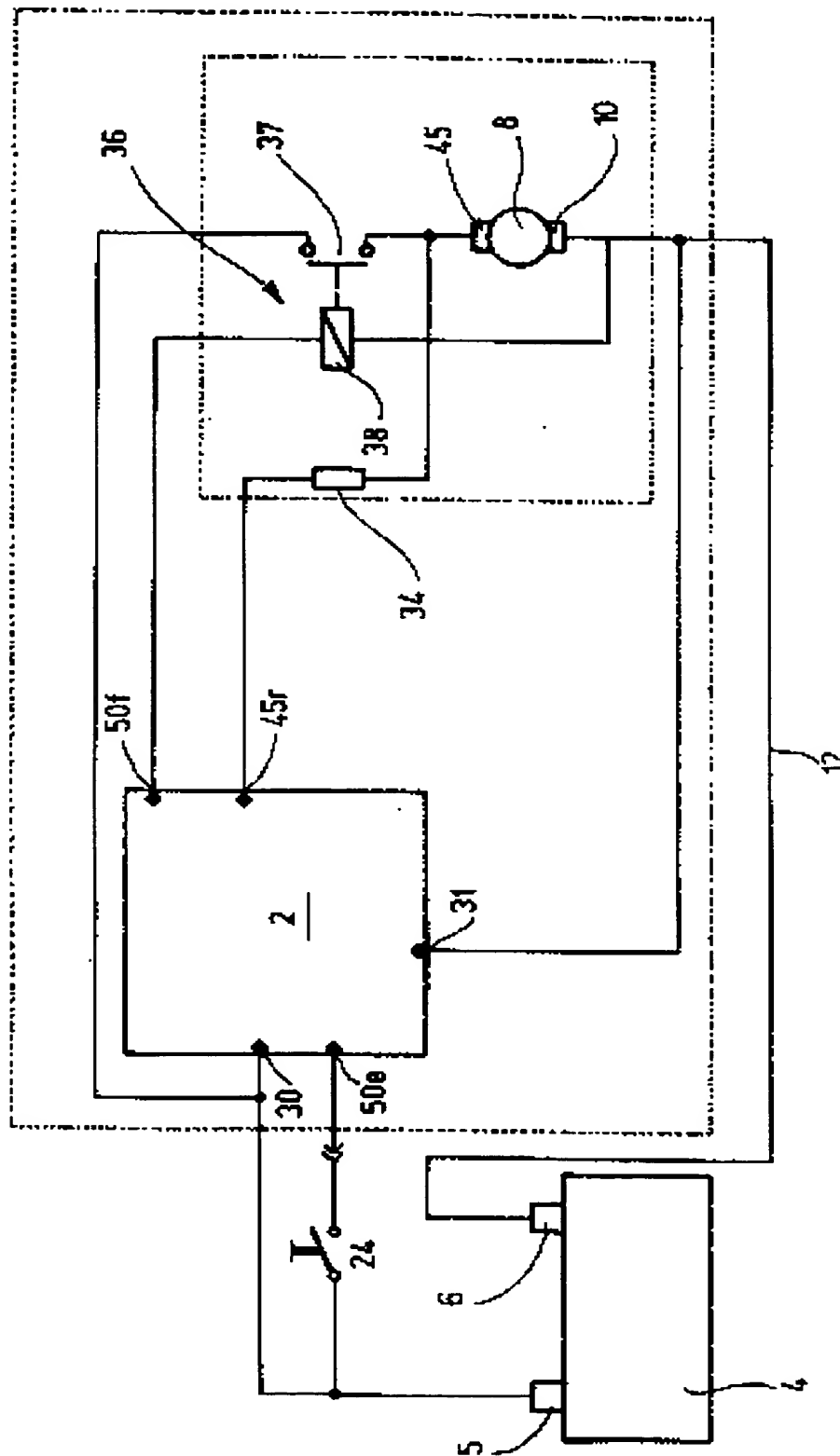
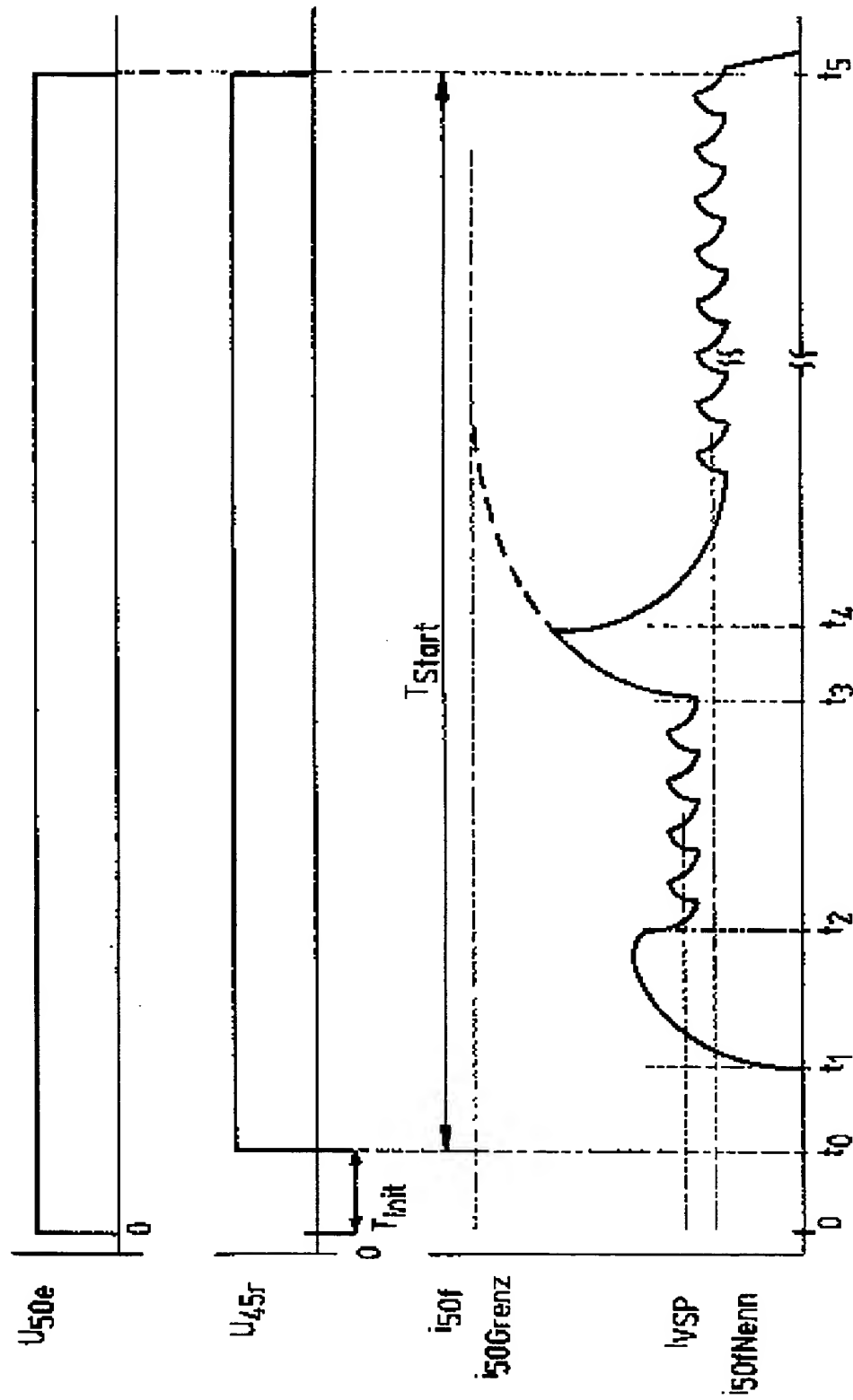


Fig. 2





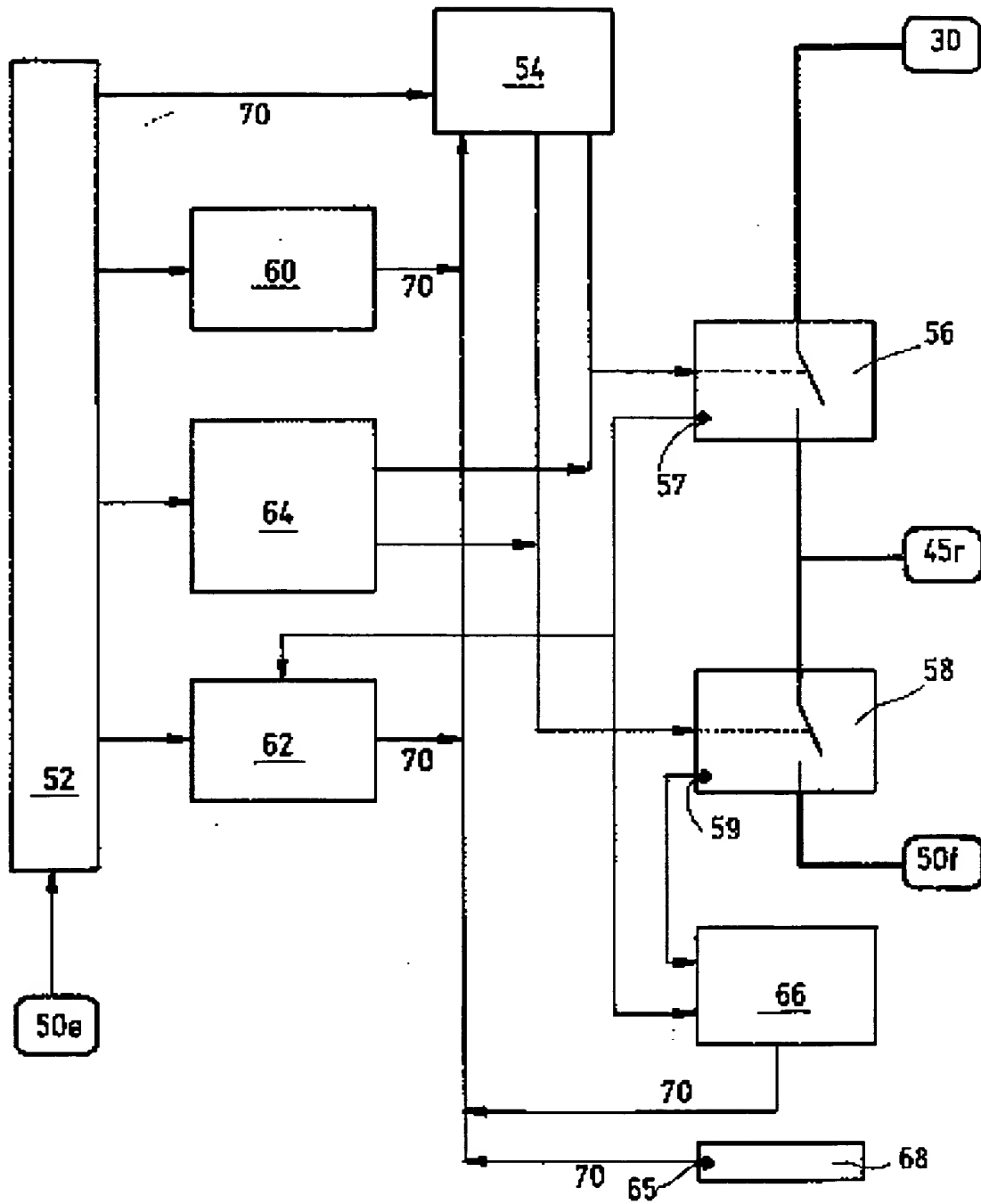


Fig. 3

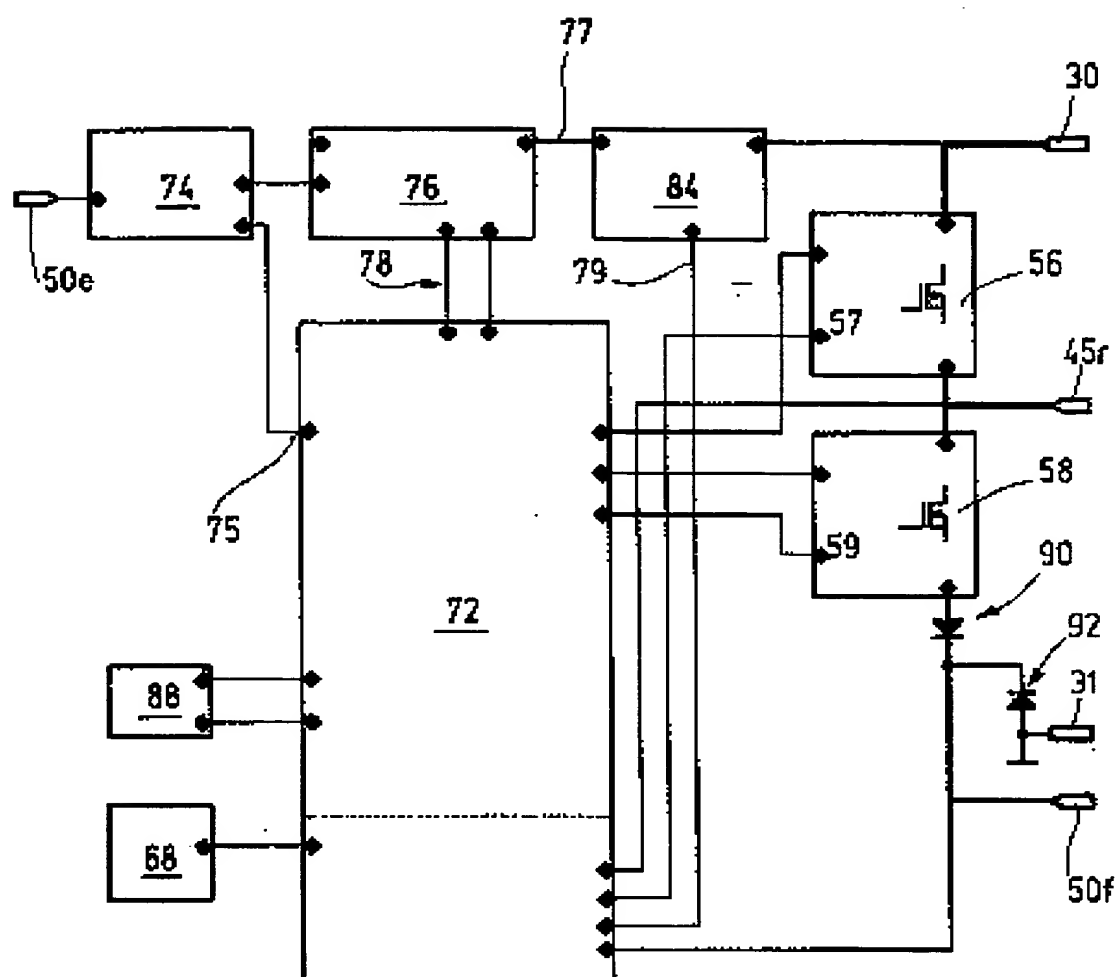


Fig. 4